

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-300646

(43) 公開日 平成8年(1996)11月19日

(51) Int.Cl. ⁹	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 4 1 J	2/045		B 4 1 J	3/04
	2/055			1 0 3 A

審査請求 未請求 請求項の数 9 F D (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平7-156959

(22) 出願日 平成7年(1995)5月31日

(31) 優先権主張番号 特願平6-173583

(32) 優先日 平6(1994)7月1日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平7-77224

(32) 優先日 平7(1995)3月8日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 片倉 孝浩

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72) 発明者 臼井 寿樹

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72) 発明者 阿部 知明

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

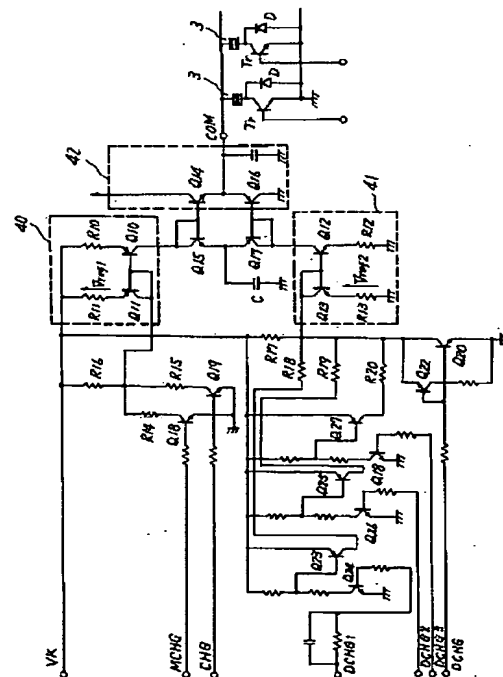
(74) 代理人 弁理士 木村 勝彦 (外1名)

(54) 【発明の名称】 インクジェット式記録装置

(57) 【要約】

【目的】 たわみ振動を利用するインクジェット記録ヘッドを、意図しないインク滴の吐出を防止しつつ、高速駆動を可能ならしめること。

【構成】 たわみ変位する圧電振動板3によりインクを吐出するインクジェット記録ヘッドと、印字信号により一定電流をコンデンサに供給し、圧電振動板3をインク吐出のためのたわみ変位を生じさせ、かつ充電終了後に一定時間、充電最終電圧を維持する信号を出力する充電回路40と、共通のインク室から圧力発生室にインクを吸引するのに適した第1放電時定数を備え、圧電振動板の固有振動周期Tの $(n+3/4)$ 倍乃至 $(n+1)$ 倍(ただし、nは1、2、3……8)の範囲内で放電を一時停止する第1放電回路41と、所定時間後に放電を再開する放電回路42とを備える。インク吐出により生じたメニスカスの運動がノズル開口側に向かう期間内で、圧電振動板の固有振動が圧力発生室を収縮させようとする時点を捉えて、放電を一時的に停止させて圧電振動板3の発振を抑制する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ノズル開口と共通のインク室に連通する圧力発生室と、前記圧力発生室の表面に形成されたたわみ変位する圧電振動板とを備え、前記圧電振動板のたわみ変位によりインク滴を吐出するインクジェット記録ヘッドと、

印字信号により電流を前記圧電振動板に供給してインク吐出のためのたわみ変位を生じさせ、かつ充電終了後に一定時間、充電最終電圧を維持する信号を出力する充電回路と、

インク吐出直後のメニスカスが前記ノズル開口から吐出しなように圧力発生室側に吸引するのに適した第1放電時定数を有し、前記圧電振動板の固有振動周期Tの $(n+3/4)$ 倍乃至 $(n+1)$ 倍（ただし、nは1、2、3……8）の範囲内で前記放電を停止して、所定時間後に異なる第2放電時定数で放電を行う放電回路と、を備えてなるインクジェット式記録装置。

【請求項2】 前記nが2乃至4である請求項1のインクジェット式記録装置。

【請求項3】 前記第1の放電の終了時の電圧を所定時間維持した後に、第2放電時定数で放電を再開する請求項1のインクジェット式記録装置。

【請求項4】 前記第2放電時定数での放電の終了間際に、前記第1放電時定数よりも小さな第3放電時定数で放電を行なう請求項1のインクジェット式記録装置。

【請求項5】 ノズル開口と共通のインク室に連通する圧力発生室と、前記圧力発生室の表面に形成されたたわみ変位する圧電振動板とを備え、前記圧電振動板のたわみ変位によりインク滴を吐出するインクジェット記録ヘッドと、

印字信号により電流を前記圧電振動板に供給してインク吐出のためのたわみ変位を生じさせ、かつ充電終了後に一定時間、充電最終電圧を維持する信号を出力する充電回路と、

インク吐出直後のメニスカスが前記ノズル開口から吐出しなように圧力発生室側に吸引するのに適した第1放電時定数を有し、固有振動周期Tの $(n'+3/4)$ 倍乃至 $(n'+1)$ 倍（ただし、n'は1、2、3……8）の時間後に放電を停止する放電回路とを備えてなるインクジェット式記録装置。

【請求項6】 前記n'が2乃至4である請求項5のインクジェット式記録装置。

【請求項7】 ノズル開口と共通のインク室に連通する圧力発生室と、前記圧力発生室の表面に形成されたたわみ変位する圧電振動板とを備え、前記圧電振動板のたわみ変位によりインク滴を吐出するインクジェット記録ヘッドと、

印字信号により電流を前記圧電振動板に供給してインク吐出のためのたわみ変位を生じさせ、かつ充電終了後に一定時間、充電最終電圧を維持する信号を出力する充電

回路と、

インク吐出直後のメニスカスが前記ノズル開口から吐出しなように圧力発生室側に吸引するのに適した第1放電時定数を有し、前記印字信号の入力時点から圧電振動板の固有振動周期Tの $(3/4)$ 倍乃至 $(5/4)$ 倍の期間内、望ましくは固有振動周期Tの0.8倍乃至1.2倍の期間内に放電を開始する放電回路と、を備えてなるインクジェット式記録装置。

【請求項8】 前記放電の途中で一時的に放電を停止し、この時の電圧を所定時間維持した後、前記第1放電時定数より大きな第2放電時定数で放電を再開する請求項7のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項9】 前記放電終了間際に前記第1放電時定数より小さな第3放電時定数で放電を行う請求項7のインクジェット式記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、インクジェット記録装置、より詳細にはノズル開口に連通する圧力室の一部領域に圧電振動板の薄板を貼設し、この圧電振動板により圧力室を圧縮してインク滴を発生させる記録ヘッドを備えたインクジェット式記録装置に関する。

【0002】

【従来の技術】圧電振動板をインク滴発生のアクチュエータに使用するインクジェット記録装置は、棒状に形成された圧電振動板の軸方向の変位を利用するものと、板状に形成された圧電振動板のたわみ変位を利用するものとがあり、前者は高速駆動が可能である反面、圧電振動板の組込みが困難で、製造コストが高くなるという問題を抱えている。

【0003】他方、後者のものは圧力室を構成している振動板の一部領域に圧電振動板を貼着し、圧電振動板のたわみ変位により圧力室の容積を変化させてインク滴を発生させるため、圧力発生室の広い面積を変位させて、インク滴を安定して発生させることができ、さらには圧電振動板と振動板とを同時形成が可能で、製造コストの引き下げができるという特徴を備える反面、たわみ変位を利用する関係上、制振力が小さい。

【0004】これに起因してインク吐出後に発生するインクの流れに振動板が応動し、図9に示したようにメニスカ스에振動が生じ、しかもこの振動が長時間継続することになる。このメニスカ스의振動に起因してメニスカスがノズル開口部に向かうと、微小なインク滴D'、いわゆるサテライトが生じることになる。

【0005】このような問題を解消するために、インク吐出後に圧電振動板に信号を印加して圧力発生室を膨張させる手法の提案されているが、現実には放電終了後に残留振動が依然として継続していて、特に高い周波数で応答するインクジェット式記録ヘッドの場合にはメニスカスが引かれなくなった時点で不要なインク滴が吐出す

るという問題があった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明はこれらの問題に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、サテライト等の不要なインク滴の吐出を防止したインクジェット記録ヘッドを用いたインクジェット式記録装置を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】このような問題を解消するために本発明においては、ノズル開口と共通のインク室に連通する圧力発生室と、前記圧力発生室の表面に形成されたたわみ変位する圧電振動板とを備え、前記圧電振動板のたわみ変位によりインク滴を吐出するインクジェット記録ヘッドと、印字信号により電流を前記圧電振動板に供給してインク吐出のためのたわみ変位を生じさせ、かつ充電終了後に一定時間、充電最終電圧を維持する信号を出力する充電回路と、インク吐出直後のメニスカスが前記ノズル開口から吐出しないように圧力発生室側に吸引するのに適した第1放電時定数を有し、前記圧電振動板の固有振動周期Tの $(n+3/4)$ 倍乃至 $(n+1)$ 倍（ただし、nは1、2、3……8）の範囲内で前記放電を停止して、所定時間後に異なる第2放電時定数で放電を行う放電回路とを備えるようにした。

【0008】

【作用】インク吐出により生じたメニスカスの運動がノズル開口側に向かう領域で、圧電振動板の固有振動が圧力発生室を収縮から膨張させようとする時点を捉えて、放電の時定数を切換えることによって圧電振動板が固有振動で再び発振するのを抑制し、ノズル開口からの不要なインク滴の吐出を防止する。

【0009】

【実施例】そこで以下に本発明の詳細を図示した実施例に基づいて説明する。図1は本発明に使用するインクジェット記録ヘッドの一実施例を示すものであって、図中符号1は、駆動ユニットで、厚さ $10\mu\text{m}$ 程度のジルコニアの薄板からなる振動板2の表面に、後述する圧力発生室4に対向するようにPZTからなる圧電振動板3、3、3……を一体に固定して構成されている。

【0010】5は、スペーサで、圧力発生室4を形成するのに適した厚さ、例えば $150\mu\text{m}$ のジルコニア（ZrO₂）などのセラミックス板に圧力発生室4、4、4……の形状に一致した通孔を一定ピッチで穿設して構成されている。

【0011】8は、圧力発生室4の他面を封止する基板で、圧力発生室4寄りの一端側にはノズル開口31、31、31……と圧力発生室4、4、4……とを接続する連通孔9、9、9……が、また他端側には圧力発生室4と共通のインク室19とを接続する連通孔10、10、10……が設けられている。

【0012】これら3つの部材1、5、8は、それぞれ

ユニットとして構成され、後述するユニット固定板11に取り付けられる。

【0013】11は、前述のユニット固定板で、一方の面に上述したユニットが所定の位置に接着剤で固定されており、連通孔10と共通のインク室19との境界にノズル開口31、31、31とほぼ同等の流路抵抗を有する流路制限孔12が設けられ、また通孔9に対向する位置にはノズル開口31と接続する連通孔13が設けられている。

10 【0014】15は、後述する共通のインク室構成板18とユニット固定板11とを接合するための熱溶着フィルムで、共通のインク室19に一致する窓16、及びノズル開口31、31、31……と圧力発生室4、4、4……とを接続する連通孔17、17、17……とが穿設されている。

20 【0015】18は、前述の共通のインク室形成板で、共通のインク室19を形成するに適した厚み、例えば $150\mu\text{m}$ のステンレス鋼などの耐蝕性を備えた板材に、共通のインク室19の形状に対応する通孔と、圧力発生室4、4、4……とノズル開口31、31、31……とを接続する連通孔21、21、21……を穿設して構成されている。

【0016】23はノズルプレートで、圧力発生室4の一侧よりにはノズル開口31、31、31……が穿設されていて、連通孔9、13、17、21、及び26を介して各圧力発生室4、4、4……に接続するように共通のインク室形成板18に熱溶着フィルム25で接着されている。

30 【0017】このように構成されたインクジェット式記録ヘッドは、圧電振動板3に一定速度で上昇する電圧からなる駆動信号が印加されると、振動板2が圧力発生室4側を凸とするようにたわんで、圧力発生室4を収縮させる。これにより圧力発生室4のインクが通孔9、13、17、21、及び26を経由してノズル開口31に至り、ここからインク滴を吐出する。

【0018】インク滴形成後に駆動信号の電圧を一定の速度で低下させると、圧電振動板3が元の位置に徐々に復帰して、圧力発生室4が膨張する。この過程でインク滴の形成により消費された分のインクが共通のインク室19から流路制限孔12を経由して圧力発生室4に流入する。

40 【0019】図2は、上述した記録ヘッドを駆動するのに適した駆動回路の一実施例を示すものであって、図中符号40は、コンデンサCを一定電流で充電する充電回路で、ベース端子が互いに接続され、特性の揃った2つのPNP型トランジスタ対Q10、Q11と、このトランジスタ対の各エミッタと定電圧端子V_K間に接続された抵抗R10、R11とを備え、印字信号MCHGによりトランジスタQ18がオンすると、抵抗R11には、 $V_{ref1} \approx V_K \cdot R11 / (R11 + R14)$ の電圧差が生じ、この電圧差が

そのままトランジスタQ10のエミッタ抵抗R10の電圧差に反映されて、トランジスタQ10からは、 $V_{ref1}/R10$ の一定電流が流れ出し、トランジスタQ15を介してコンデンサCを充電するように構成されている。

【0020】これにより、コンデンサCの端子電圧は一定の電圧勾配で上昇する。このコンデンサCの端子電圧は、トランジスタQ14、Q16で構成される電流増幅回路42のCOM端子から圧電振動板3に供給される。

【0021】ここでのコンデンサCの充電時定数は、インク吐出に適した速度で圧力発生室を収縮させるように設定する必要があり、本実施例では、 $12V/\mu sec$ になるよう抵抗R11、R14、R10、及びコンデンサCの各定数が設定されている。

【0022】また、符号41はコンデンサCの充電電荷を一定電流値で放電させる放電回路で、上記充電回路40と同様に、ペース端子が互いに接続され、特性が揃った2つのNPN型トランジスタ対Q12、Q13と、このトランジスタ対の各エミッタとGND間に接続された抵抗R12、R13とを備え、放電信号DCHGによりトランジスタQ20がオフされると、トランジスタQ13がオンとなつて、抵抗R13には後述する所定の電圧差 V_{ref2} が生じ、この電圧差がそのままトランジスタQ12のエミッタ抵抗R12の電圧差に反映されるから、トランジスタQ12は、 $V_{ref2}/R12$ で定まる一定電流値でコンデンサCの充電電荷を吸い込み、コンデンサCを放電させるように構成されている。

【0023】次にこのように構成した装置の動作を図3に基づいて説明する。印字信号MCHGが入力すると（ t_0 時点）、前述のように充電回路40が作動し、一定電流値でコンデンサCを充電する。これによりコンデンサCの端子電圧が急激に一定勾配で上昇し、電流増幅回路42を介したCOM端子にコンデンサCの端子電圧が出力する。そして、COM端子の出力電圧は、印刷データ信号によりオンとなっているトランジスタTrを介して選択的に圧電振動板3に印加される。

【0024】この電圧印加により、圧電振動板3は、振動板2を圧力発生室4側が凸となるようにたわみ変位を起こすので、圧力発生室4のインクが加圧され、対応するノズル開口31からインクが吐出する。同時に、圧電振動板3は、印加電圧による静的変位を平均振幅とし、これに重畳して充電開始時点を始点とした固有振動周期Tの振動を開始する。

【0025】このようにして時点 t_1 になると、コンデンサCは十分充電されてCOM端子の出力電圧が飽和電圧に到達することになる。そして一定時間 $Th1$ が経過した時点 t_2 で、印字信号MCHGをオフとし、放電信号DCHGを出力して放電回路41を作動させる。

【0026】この時点 t_2 は、圧電振動板3の静的変位位置を基準とした動変位が圧力発生室4を拡大する方向にある時点に設定されている。同時に放電補助信号D

CHG1をHIGHレベルにしてトランジスタQ24、さらにはトランジスタQ23をオンにする。

【0027】これにより抵抗R18が実質的に抵抗R17に並列に挿入された状態になり、前述の抵抗R13に生じる電圧 V_{ref2} は、抵抗R17とR18との並列合成抵抗値をR17-18で示すと、

$$V_{ref2} = V_K \cdot R13 / (R17-18 + R13)$$

となる。

【0028】この電圧 V_{ref2} に基づいた一定電流値 I_s （ $I_s = V_{ref2}/R12$ ）でコンデンサCの電荷を放電し、コンデンサCの端子電圧を一定の放電時定数で低下させ、コンデンサCの端子電圧を印字のために選択状態にある圧電振動板3に電流増幅回路42を介して供給する。

【0029】これにより、圧力発生室4側に凸状態と成っていた振動板2は、その変位が徐々に解除されて、圧力発生室4を拡大させるから、ノズル開口31近傍に形成されるメニスカスが圧力発生室4側に引き込まれ、したがってインク吐出後の微小インク滴D'（図9）の飛び出しが阻止されるとともに、共通のインク室19のインクをインク供給口12を経由して圧力発生室4に流し込む。

【0030】本実施例では、この不要なインク滴の吐出を防止するために例えば $0.33V/\mu sec$ 程度の放電時定数で電圧が低下するよう回路定数が設定されている。すなわち、 $0.33V/\mu sec$ より小さい放電時定数ではメニスカスの引き込み力が弱いので、不要な微小インク滴D'の吐出を防止することができず、また、 $0.33V/\mu sec$ よりも大幅に大きい値ではかえってメニスカスの振動を誘起してしまい、不要な微小インク滴を吐出させることになる。

【0031】一方、インク吐出直後のメニスカスは、大きく圧力発生室4に引き込まれ、所定時間が経過した段階で反転して、圧電振動板3の固有振動と同期した振動を繰り返しながらノズル開口31側に向かって移動する。

【0032】このようにして圧電振動板3が、たわみ変位を開始した時点 t_0 から固有振動周期Tの $(n+3/4)$ 倍乃至 $(n+1)$ 倍の時間が経過した時点、本実施例では $T \times (3+3/4)$ の時点 t_3 で、放電信号DCHGをHIGH、及び放電補助信号DCHG1をLOWにして一時的に放電を停止させる。

【0033】これにより圧電振動板3に残留振動を停止させる力が働くことになるから、この時点から以降は振動板3の固有振動と同期して振動しているメニスカスのノズル開口31に向かう力が削がれることになる。

【0034】すなわち、図4に示したように圧電振動板3（図中、PZT）の固有振動が圧力発生室4を収縮させて、次に膨張させる方向に転じた時点で放電を中止させると、圧電振動板3の静的変位位置H1からの変位偏

10

20

30

40

50

7

差P1が急激に小さくなり、圧電振動板3が再び発振するのを抑制することになる。これにより、ノズル開口31に向かうメニスカスの振動が小さくなり、不要なインク滴の吐出が阻止される。

【0035】また上述のように放電を中止させるのではなく、図4(イ)に示したように放電時定数を増大させるように切換える場合にも、この切換え時点を固有振動周期Tの $(n+3/4)$ 倍乃至 $(n+1)$ 倍の時間が経過した時点とすることにより圧電振動板3の発振を抑制するのに役立つ。

【0036】一方、不用意に放電を停止した場合、例えば図4において $(n+9/4)$ Tの時点のように圧電振動板3の固有振動が圧力発生室4を膨張させて、次に収縮させる方向に転じた時点で放電を中止させた場合には、圧電振動板3を起振させてしまうことになり、圧電振動板3の静的変位位置H2からの変位偏差P2が急激に大きくなり、これに伴ってメニスカスの振動が大きくなって不要なインク滴が吐出する可能性が極めて高くなる。

【0037】そして時点t3から時間Th2が経過した時点で、再度放電信号DCHGをLOWとして放電回路41を作動させることで、圧力発生室4を膨張させて共通のインク室19からインクを吸引する。

【0038】この過程での放電補助信号DCHG1はLOWであり、トランジスタQ23はオフとなるので、抵抗R13に生じる電圧Vref2は、 $V_{ref2} = V_K \cdot R_{13} / (R_{17} + R_{13})$ となり、したがってコンデンサCの電荷は前記電流値Isよりも小さな電流値で放電される。

【0039】これにより、時点t2から時点t3までの放電における電圧変化より小さな例えば0.14V/ μ sec程度の電圧変化を生じさせる第2放電時定数での放電が行われ、この放電による圧力発生室の膨張によりメニスカスのノズル開口側への強制的な復帰が促されることになる。

【0040】そして、殆どの電荷が放電されて放電が終了する間際、つまり圧電振動板の端子電圧が駆動電圧の8%乃至12%程度まで効果した時点(時点t4)で、再び放電補助信号DCHG1をHIGHにして、0.33V/ μ sec程度の電圧の時間変化を生じる小さな第3放電時定数で電荷が無くなるまで急激な放電を行なわせる。

【0041】この急激な放電により圧力発生室4が微量だけ急速に膨張する。この結果、メニスカスは、微量急激に引き込まれることになり、これに伴ってノズルプレート面を含むノズル開口31の近傍に存在しているインクを圧力発生室4側に引き込み、自身もまたノズル内で凹状態で安定することになる。したがって、次ぎに吐出するインク量が一定に管理され、またノズル開口の周縁に残留するインクに起因する吐出インクの飛行曲がりも生じない。

8

【0042】なお、本実施例においては図2に示したCHG信号、DCHG2信号、DCHG3信号は常時LOWレベルに維持されている。

【0043】また、本実施例においては数値nとして値「3」が選択されているが、この数値nの値は、圧電振動板3の残留振動を効果的に減衰させる機能と、メニスカスの復帰を十分に促す機能とのトレードオフの関係にあり、一般的には1乃至8の範囲、より好ましくは2乃至4の範囲が適切な値となる。

10 【0044】次に、本発明の第2の実施例を図5に基づいて説明する。図中符号45は充電回路であって、相補性のトランジスタQ31、Q32と、トランジスタQ32のエミッタと定電圧端子VKとの間に接続された抵抗R31とを備え、印字信号MCHGによりトランジスタQ35のオンにより作動して、抵抗R31を介してコンデンサCを一定電流で充電するよう構成されている。

【0045】また充電回路45は、環境温度に左右されることなく抵抗R33での電圧差Vref1で一義に決まる一定電流If($I_f = V_{ref1} / R_{31}$)でコンデンサCを充電する。これによりコンデンサCの端子電圧は一定の電圧勾配で上昇し、電流増幅回路47を介して選択的に圧電振動板3に供給される。

【0046】そして前述の実施例と同様に、充電時定数Tcは、振動板2を圧力発生室側にたわませ、圧力発生室4をインク吐出に適した速度で収縮させるように圧電振動板3をたわみ変位させる値、例えば12V/ μ sec程度に設定されている。

【0047】また、符号46は放電回路で、相補性のトランジスタQ33、Q34と、トランジスタQ34のエミッタとGND間に接続された抵抗R32とを備え、放電信号DCHGによりトランジスタQ36をオフすることで作動し、環境温度に左右されず抵抗R35での電圧差Vref2により決まる一定電流値Is($I_s = V_{ref2} / R_{32}$)でコンデンサCの電荷を放電させるように構成されている。

【0048】放電時定数Tdは、インク滴吐出直後のメニスカスの振動がノズル開口31から突出しない値、例えば0.66V/ μ sec程度で、かつ圧電振動板3の固有振動周期Tの $(n'+3/4)$ 倍乃至 $(n'+1)$ 倍の時間(ただし、n'は一般的には1乃至8範囲の整数で、より好ましくは2乃至4の範囲の整数)が経過した時点で放電が終了する値に選ばれている。

【0049】次に、このように構成した装置の動作を図6に基づいて説明する。印字信号MCHGが入力すると、充電回路45が作動し、一定の充電時定数TcでコンデンサCを充電する。これによりコンデンサCの端子電圧が所定電圧まで急激に上昇する。コンデンサCの端子電圧は電流増幅回路47と、インク吐出をさせるノズル開口3を選択するための印刷信号によりオンとなっているトランジスタTrを介して圧電振動板3に印加される。

50

【0050】これにより、圧電振動板 3 は、振動板 2 を圧力発生室 4 側が凸となるようにたわみ変位させて、圧力発生室 4 のインクを加圧し、ノズル開口 31 からインクを吐出させる。

【0051】また一方で、圧電振動板 3 は、印加電圧による静的変位位置を平均振幅とし、これに重畳した形で充電開始時点を開始点とした固有振動周期 T の振動を開始する。このようにしてホールド時間 T_h が経過した時点 t_2 で印字信号 $MCHG$ がオフし、放電信号 $DCHG$ が出力して放電回路 46 の作動が開始すると、コンデンサ C の電荷が放電時定数 T_d で放電され、コンデンサ C の端子電圧が一定の速度で低下する。

【0052】時点 t_2 は、圧電振動板 3 の静的変位位置を基準とした動的変位が圧力発生室 4 を拡大する方向にある時点に設定されている。

【0053】このコンデンサ C の端子電圧が低下することで圧電振動板 3 が元の状態に復帰する動作を開始し、圧力発生室 4 が一定速度で膨張する。このようにして圧電振動板 3 の固有振動周期 T の $(n' + 3/4)$ 倍乃至 $(n' + 1)$ 倍の時間が経過した時点 t_3 で、完全に放電を終了させる。

【0054】これにより図 6 (イ) に示したように、圧電振動板 3 (図中、 PZT) の固有振動が圧力発生室 4 を収縮させて、次に膨張させる方向に転じた時点 t_3 で放電を中止することになるから、前述の図 4 を基にした説明と同様の作用により、以降の圧電振動板 3 の残留振動は急速に減衰し、次に印刷信号が入力するまでインク滴を吐出することがない。

【0055】なお、本実施例では、時点 t_0 乃至時点 t_3 までの時間を固有振動周期 T の $(3 + 3/4)$ 倍に設定されていて、減衰作用は T の $(3 + 3/4)$ 乃至 T $(3 + 1)$ 倍の期間で行なわれる。

【0056】逆にいえば、図 6 (ロ) に示したように固有振動が圧力発生室 4 を膨張させて、次に収縮させる方向に転じた時点 t_3' で放電を中止させた場合には、以降の圧電振動板 3 はその振幅が大きくなり、次の印字信号が入力するまでに不要のインク滴 D' を吐出する可能性が高くなる。

【0057】ところで、充電により圧力発生室 4 が収縮してインク滴が吐出すると、これの伴ってノズル開口近傍のメニスカスが振動を開始する。上述したように充電終了後は、充電終了時の電圧を一定期間保持するためにホールド時間が設けられ、このホールド時間後に圧電振動板 3 を放電させて次のインク滴吐出に備えるが、このホールド時間をメニスカスの固有振動周期 T に対して特定の関係に設定すると、より一層効果的にメニスカスの振動を抑制できることが判明した。

【0058】すなわち、充電終了後における充電電圧を一定に維持すると、図 7 の曲線 (B) に示したように、メニスカスはインク滴吐出時のエネルギーを受けてノズル

開口近傍の中立点を中心に固有振動周期 T で自由振動を行い、ノズル開口側に移動した時には印字品質の低下を招くサテライトと呼ばれる微小なインク滴を吐出させることになる。

【0059】印刷のためのインク滴を吐出させるために充電が開始された時点から、固有振動周期 T の $3/4$ 倍乃至 $5/4$ 倍の期間は、メニスカスは、ノズル開口側から圧力発生室側に移動しているため、この期間に放電の開始時点、つまりホールド時間の終了時点がこの期間

(固有振動周期 T の $3/4$ 倍乃至 $5/4$ 倍) 内となるように設定することより、同図における曲線 (A) に示したようにホールド時間終了後に行なわれる圧電振動板 3 の放電にともなう圧力発生室 4 の膨張に起因するメニスカスの引き込み力が、メニスカス自身の圧力発生室側への移動に相乗的に作用することになる。

【0060】メニスカスの相乗的な引き込みにより、次にノズル開口側への移動時にサテライトを発生しかねないメニスカスを十分に圧力発生室側に引き込むことができる。もとより、圧力発生室 4 や、ノズル開口 31、インクノズルの特性変化、駆動回路構成素子の定数等の変動を考慮すると、インク滴吐出後に生じるメニスカスの自由振動が中立点に到達する時点、つまり充電開始時点から固有振動周期 T が経過した時点からプラス・マイナス略 $T/4$ の期間 (図中ハッチングで示す期間) が望ましい。

【0061】したがって、図 8 に示したように放電開始時点から充電を開始する時点 t_2 を、固有振動周期 T の $(3/4)$ 倍乃至 $(5/4)$ 倍、望ましくは 0.8 倍乃至 1.2 倍の期間に入るようにホールド時間 T_{h1}' を調整し、インク滴吐出時点以後に発生するメニスカスの圧力発生室側への移動を有効に利用して十分に圧力発生室側に引き込む。

【0062】以下、前述の図 3 に示した実施例と同様に、放電時間 T_{d1} が経過した時点 t_3 において所定時間 T_{h2} だけ放電を休止し、第 1 放電時定数よりも大きな放電時定数で第 2 の放電を行い、放電終了直前の時点、つまり圧電振動板 3 の端子電圧が駆動電圧の 8% 乃至 12% 程度に低下した時点 t_4 で第 1 放電時定数よりも小さな第 3 放電時定数で放電を終了させることにより、サテライトの発生をより一層確実に防止しつつ、しかも残留振動を抑制して印刷速度を向上することができる。

【0063】図 10 は、圧電振動板の固有振動周期 T が $13 \mu s$ の記録ヘッドに本発明の駆動方式を適用した場合の一実施例を示すもので、同図 (イ) は最高駆動周波数が $9 kHz$ の駆動信号波形を、また同図 (ロ) は、最高駆動周波数が $7.2 kHz$ の駆動信号波形を示しており、これらいずれの信号を使用しても、サテライト等の不都合を起こすことなく高い印字品質を維持して所定の印字速度で印刷ができた。

【0064】

11

【発明の効果】以上説明したように、本発明では、圧力発生室側に凸状態に変位させてインクを吐出させた後のたたみ変位する圧電振動板を、元の位置の復帰させる過程で、圧電振動板の固有振動周期 T の $(n+3/4)$ 倍乃至 $(n+1)$ 倍（但し、 n は1、2、3……8）の範囲内の時期で圧電振動板の放電を異なる時定数で切換えたり、一時的に停止させたり、さらには終了させるようにしているので、圧電振動板の静的変位位置を基準とした発振を抑制することができて、ノズル開口からの不要なインク滴の吐出を確実に防止できる。また、放電終了間際に急峻な放電を行なわせることにより、ノズル開口近傍のインクをノズル開口内にメニスカスを圧力発生室側に引き込むことができ、メニスカスを凹状態で安定させ、もって吐出インク量の管理と、インクの飛行曲がり防止を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

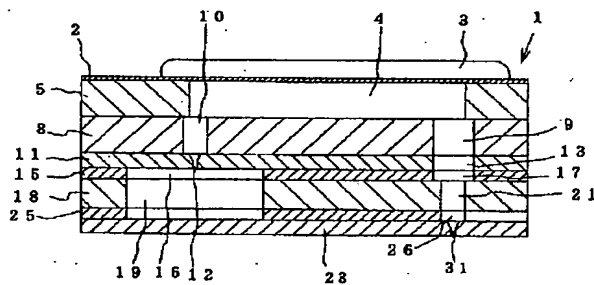
【図1】本発明に使用するインクジェット記録ヘッドの一実施例を示す断面図である。

【図2】同上記録ヘッドを駆動する駆動回路の一実施例を示す回路図である。

【図3】同上装置の動作を示す波形図である。

【図4】放電の停止時点での圧電振動板の以後の挙動を示す図である。

【図1】



12

【図5】本発明に使用する駆動回路の他の実施例を示す回路図である。

【図6】図（イ）、（ロ）は、それぞれ放電終了時点の違いによる以後の圧電振動板の挙動を示す図である。

【図7】放電開始時点とメニスカスの移動との関係を示す線図である。

【図8】本発明の他の実施例を駆動波形、及びメニスカスの振動形態でもって示す図である。

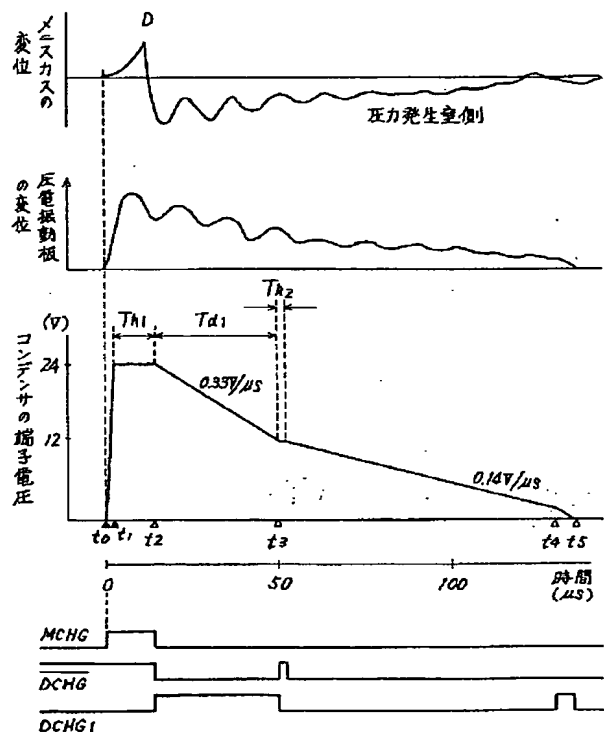
【図9】たたみ振動を利用する記録ヘッドにおけるメニスカスの運動、圧電振動板の固有振動、及び駆動波形の関係を示す図である。

【図10】図（イ）、（ロ）は、それぞれ本発明に使用する駆動信号の一実施例を示す波形図である。

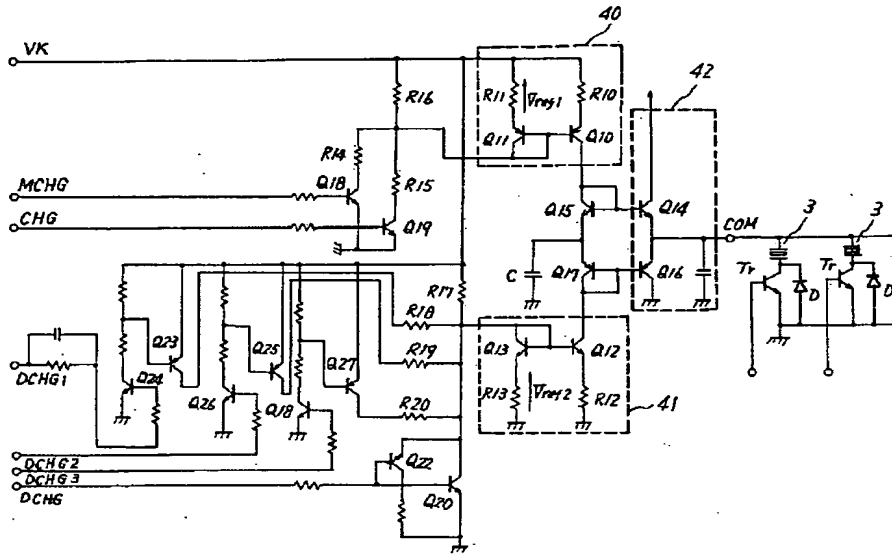
【符号の説明】

- 1 駆動ユニット
- 2 振動板
- 3 圧電振動板
- 4 圧力発生室
- 30 ノズルプレート
- 31 ノズル開口
- 40 充電回路
- 41 第1放電回路
- 42 第2放電回路

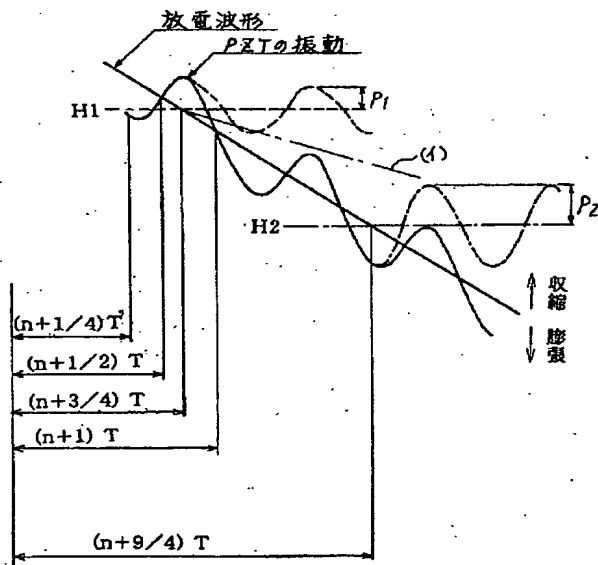
【図3】



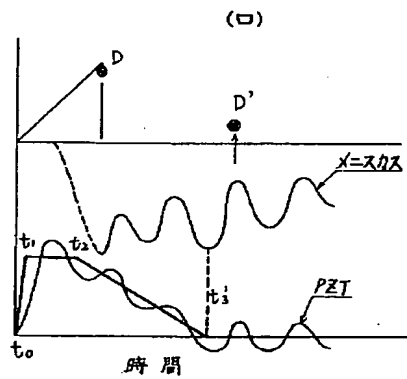
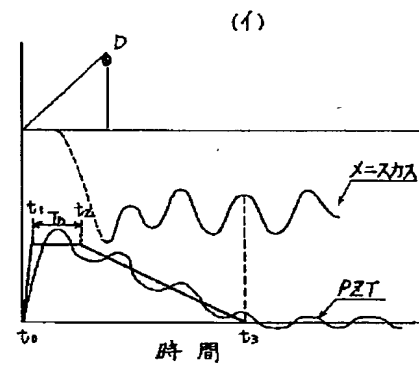
【図2】



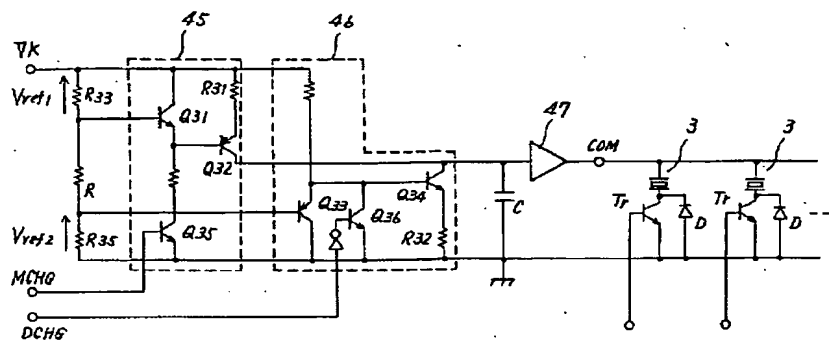
【図4】



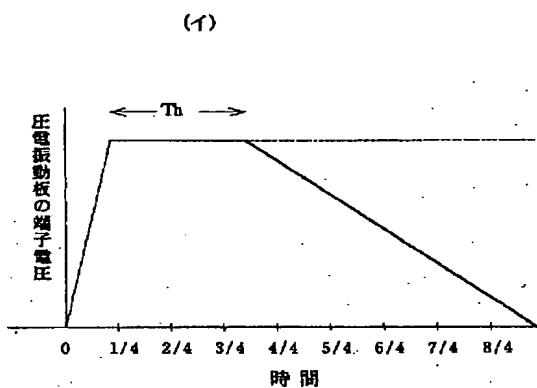
【図6】



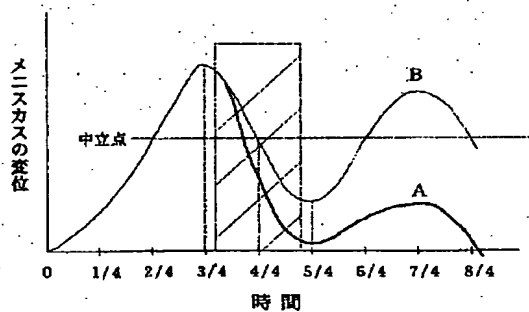
【図5】



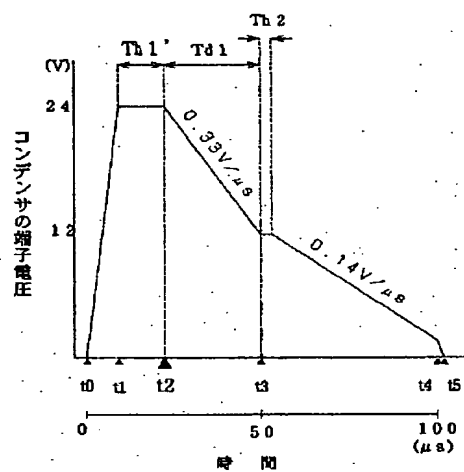
【図7】



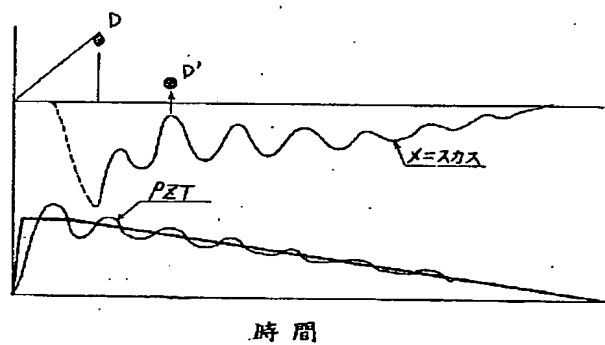
(ロ)



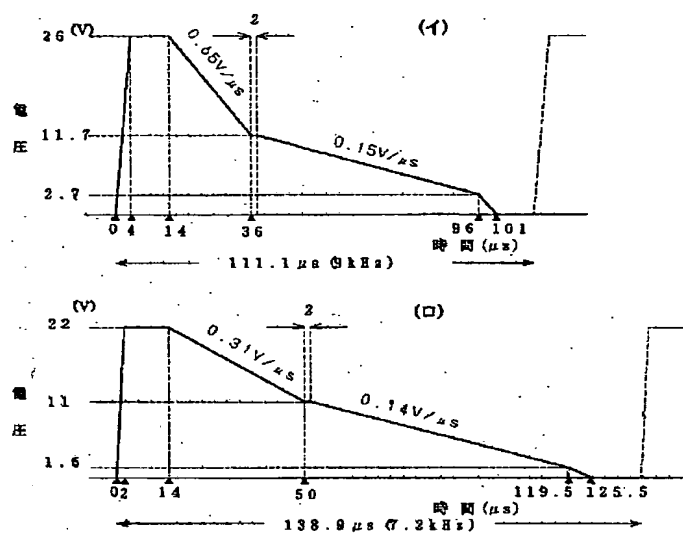
【図8】



【図9】



【図10】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-300646

(43)Date of publication of application : 19.11.1996

(51)Int.Cl.

B41J 2/045

B41J 2/055

(21)Application number : 07-156959

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 31.05.1995

(72)Inventor : KATAKURA TAKAHIRO

USUI HISAKI

ABE TOMOAKI

(30)Priority

Priority number : 06173583

Priority date : 01.07.1994

Priority country : JP

07 77224

08.03.1995

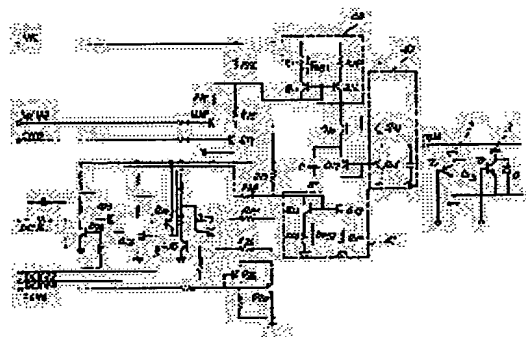
JP

(54) INK-JET RECORDING DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To enable high speed driving of an ink-jet recording head utilizing flexural vibration while preventing the unintended discharging of ink drops.

CONSTITUTION: This ink-jet recording device is equipped with an ink-jet recording head for discharging ink by means of flexurally displacing piezoelectric diaphragms 3, a charging circuit 40, which supplies a certain current to a condensor by print signals so as to develop the flexural displacement in the piezoelectric diaphragms 3 for discharging ink and, at the same time, outputs the signals for maintaining charging final voltage for a certain period of time after the finish of charging, a first discharge circuit 41, which is equipped with the first discharge time constant-suitable for sucking ink from a common ink chamber to pressure generating chambers and temporarily stops discharging within the range of $(n+3/4)-(n+1)$ times as much as the natural frequency period T of the piezoelectric diaphragm, in which (n) represents 1, 2, 3...8, and a discharge circuit 42 for re-opening discharging after the elapse of a predetermined period time. Within the period, in which a meniscus developed due to the discharging of ink moves towards the opening side of a nozzle, the discharging is temporarily stopped at the point of time when the natural oscillation of the piezoelectric diaphragm contracts the pressure generating chamber, to suppress the oscillation of the piezoelectric diaphragm 3.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

19.10.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3250596

[Date of registration] 16.11.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] An ink jet type recording device characterized by providing the following A pressure generating room which is open for free passage in a nozzle orifice and a common ink room An ink jet recording head which is equipped with a piezo-electric diaphragm which was formed in the surface of said pressure generating room, and which carries out deflection displacement, and carries out the regurgitation of the ink drop with the deflection displacement which is said piezo-electric diaphragm a printing signal — current — said piezo-electric diaphragm — supplying — a deflection for ink regurgitation — a charge circuit which outputs a signal which is made to produce displacement and maintains the fixed time amount and charge last voltage after charge termination A discharge circuit which discharges with the 2nd discharge time constant which has the 1st discharge time constant suitable for drawing in to a pressure generating room side so that a meniscus just behind ink regurgitation may not carry out the regurgitation from said nozzle orifice, suspends said discharge within the limits of twice ($n+3/4$) of a proper oscillation period T of said piezo-electric diaphragm thru/or ($n+1$) twice (however, n 1, 2, 3....8), and is different after predetermined time

[Claim 2] An ink jet type recording device of claim 1 said whose n is 2 thru/or 4.

[Claim 3] An ink jet type recording device of claim 1 which resumes discharge with the 2nd discharge time constant after carrying out predetermined time maintenance of the voltage at the time of termination of said 1st discharge.

[Claim 4] An ink jet type recording device of claim 1 which discharges just before [termination] discharge with said 2nd discharge time constant with the 3rd discharge time constant smaller than said 1st discharge time constant.

[Claim 5] An ink jet type recording device characterized by providing the following A pressure generating room which is open for free passage in a nozzle orifice and a common ink room An ink jet recording head which is equipped with a piezo-electric diaphragm which was formed in the surface of said pressure generating room, and which carries out deflection displacement, and carries out the regurgitation of the ink drop with the deflection displacement which is said piezo-electric diaphragm a printing signal — current — said piezo-electric diaphragm — supplying — a deflection for ink regurgitation — a charge circuit which outputs a signal which is made to produce displacement and maintains the fixed time amount and charge last voltage after charge termination A discharge circuit which has the 1st discharge time constant suitable for drawing in to a pressure generating room side so that a meniscus just behind ink regurgitation may not carry out the regurgitation from said nozzle orifice, and suspends discharge after twice ($n'+3/4$) of a proper oscillation period T thru/or ($n'+1$) twice (however, n' 1, 2, 3....8) as many time amount as this

[Claim 6] An ink jet type recording device of claim 5 said whose n' is 2 thru/or 4.

[Claim 7] An ink jet type recording device characterized by providing the following A pressure generating room which is open for free passage in a nozzle orifice and a common ink room An ink jet recording head which is equipped with a piezo-electric diaphragm which was formed in the surface of said pressure generating room, and which carries out deflection displacement, and carries out the regurgitation of the ink drop with the deflection displacement which is said piezo-

electric diaphragm a printing signal — current — said piezo-electric diaphragm — supplying — a deflection for ink regurgitation — a charge circuit which outputs a signal which is made to produce displacement and maintains the fixed time amount and charge last voltage after charge termination It is the discharge circuit which has the 1st discharge time constant suitable for drawing in to a pressure generating room side so that a meniscus just behind ink regurgitation may not carry out the regurgitation from said nozzle orifice, and starts discharge desirably from an input time of said printing signal within a 0.8 times of a proper oscillation period T thru/or 1.2 times as many period as this in a twice (3/4) of a proper oscillation period T of a piezo-electric diaphragm thru/or (5/4) twice as many period as this.

[Claim 8] An ink jet type recording head of claim 7 which resumes discharge with the bigger 2nd discharge time constant than said 1st discharge time constant after suspending discharge temporarily in the middle of said discharge and carrying out predetermined time maintenance of the voltage at this time.

[Claim 9] An ink jet type recording device of claim 7 which discharges just before [said] discharge termination with the 3rd discharge time constant smaller than said 1st discharge time constant.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to an ink jet recording device and the ink jet type recording device which equipped details with the recording head of the pressure room which is open for free passage to a nozzle orifice which the sheet metal of a piezo-electric diaphragm is stuck [recording head] on a field in part, and a pressure room is compressed [recording head] with this piezo-electric diaphragm, and generates an ink drop more.

[0002]

[Description of the Prior Art] the deflection of the thing using the displacement of the shaft orientations of the piezo-electric diaphragm with which the ink jet recording device which uses a piezo-electric diaphragm for the actuator of ink drop generating was formed in the shape of a rod, and the piezo-electric diaphragm formed in tabular — there is a thing using displacement, and while a high-speed drive is possible for the former, the nest of a piezo-electric diaphragm has the problem that it is difficult and a manufacturing cost becomes high.

[0003] The diaphragm which constitutes the pressure room the latter thing a part On the other hand, in order to stick a piezo-electric diaphragm on a field, to change the capacity of a pressure room with the deflection displacement which is a piezo-electric diaphragm and to generate an ink drop, Damping force is small on the relation equipped with the feature that displacement of the large area of a pressure generating room is carried out, it can be stabilized and an ink drop can be generated, coincidence formation is possible and the reduction in a manufacturing cost can do a piezo-electric diaphragm and a diaphragm further which uses deflection displacement on the other hand.

[0004] A diaphragm will follow the flow of the ink which originates in this and is generated after the ink regurgitation, as shown in drawing 9 , vibration will arise in a meniscus, and moreover, this vibration will continue for a long time. When it originates in vibration of this meniscus and a meniscus goes to nozzle opening, minute ink drop D' and the so-called satellite will be generated.

[0005] In order to solve such a problem, the technique of impressing [technique] a signal to a piezo-electric diaphragm after the ink regurgitation, and expanding a pressure generating room was proposed, but actually, residual vibration was still continuing after discharge termination, and in the case of the ink jet type recording head which answers on high frequency especially, when the meniscus was no longer lengthened, there was a problem that an unnecessary ink drop carried out the regurgitation.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The place which this invention is made in view of these problems, and is made into the purpose is offering the ink jet type recording device using the ink jet recording head which prevented the regurgitation of unnecessary ink drops, such as a satellite.

[0007]

[Means for Solving the Problem] In order to solve such a problem, it sets to this invention. An ink jet recording head which is equipped with a nozzle orifice, a pressure generating room which

is open for free passage in a common ink room, and a piezo-electric diaphragm which was formed in the surface of said pressure generating room, and which carries out deflection displacement, and carries out the regurgitation of the ink drop with the deflection displacement which is said piezo-electric diaphragm, a printing signal — current — said piezo-electric diaphragm — supplying — a deflection for ink regurgitation — with a charge circuit which outputs a signal which is made to produce displacement and maintains the fixed time amount and charge last voltage after charge termination It has the 1st discharge time constant suitable for drawing in to a pressure generating room side so that a meniscus just behind ink regurgitation may not carry out the regurgitation from said nozzle orifice. Said discharge is suspended within the limits of twice $(n+3/4)$ of the proper oscillation period T of said piezo-electric diaphragm thru/or $(n+1)$ twice (however, n 1, 2, 3....8), and it had a discharge circuit which discharges with the different 2nd discharge time constant after predetermined time.

[0008]

[Function] In the field in which movement of the meniscus produced by the ink regurgitation goes to a nozzle orifice side, the time of the proper oscillation of a piezo-electric diaphragm expanding a pressure generating room from contraction is caught, it controls that a piezo-electric diaphragm oscillates again by proper oscillation by switching the time constant of discharge, and the regurgitation of the unnecessary ink drop from a nozzle orifice is prevented.

[0009]

[Example] Then, based on the example illustrating the details of this invention, it explains below.

Drawing 1 shows one example of the ink jet recording head used for this invention, and it is a drive unit, and the sign 1 in drawing fixes at one the piezo-electric diaphragms 3 and 3 which consist of PZT so that the pressure generating room 4 mentioned later may be countered, and 3, and is constituted by the surface of the diaphragm 2 which consists of sheet metal of a with a 10micro thickness [about n] zirconia.

[0010] 5 is a spacer, drills the through-hole of the pressure generating rooms 4 and 4 and 4 which was in agreement with the configuration at constant pitch in ceramic boards, such as the thickness suitable for forming the pressure generating room 4, for example, a 150-micrometer zirconia etc., (ZrO_2), and is constituted.

[0011] 8 is the substrate which closes the other sides of the pressure generating room 4, and the free passage holes 10 and 10 with which nozzle orifices 31 and 31, the free passage holes 9 and 9 which connect the pressure generating rooms 4 and 4 and 4 .. as 31, and 9 .. connect the pressure generating room 4 and the common ink room 19 to an other end side again, and 10 .. are prepared in the end side of pressure generating room 4 approach.

[0012] These three members 1, 5, and 8 are constituted as a unit, respectively, and are attached in the unit stationary plate 11 mentioned later.

[0013] 11 is the above-mentioned unit stationary plate, and the free passage hole 13 linked to a nozzle orifice 31 is formed in the location which the unit mentioned above to one field is being fixed to the position with adhesives, and the passage limit hole 12 which has passage resistance almost equivalent to nozzle orifices 31, 31, and 31 is formed in the boundary of the free passage hole 10 and the common ink room 19, and counters a through-hole 9.

[0014] 15 is a heat joining film for joining the common ink room configuration board 18 and the unit stationary plate 11 which are mentioned later, and the aperture 16 which is in agreement with the common ink room 19 and nozzle orifices 31 and 31, the free passage holes 17 and 17 which connect the pressure generating rooms 4 and 4 and 4 .. with 31, and 17 .. are drilled.

[0015] 18 is the above-mentioned common ink room formation board, drills the through-hole corresponding to the configuration of the common ink room 19, the pressure generating rooms 4 and 4 and the free passage holes 21 and 21 which connect nozzle orifices 31 and 31 and 31 .. with 4, and 21 .. in the plate equipped with the corrosion resistance of the thickness suitable for forming the common ink room 19, for example, 150-micrometer stainless steel etc., and is constituted.

[0016] 23 is a nozzle plate, nozzle orifices 31 and 31 and 31 are drilled by the 1 side twist of the pressure generating room 4, and it is pasted up on the common ink room formation board 18 with the heat joining film 25 so that it may connect with each pressure generating rooms 4 and 4

and 4 .. through the free passage holes 9, 13, 17, 21, and 26.

[0017] Thus, if the driving signal which becomes the piezo-electric diaphragm 3 from the voltage which rises with constant speed is impressed, the constituted ink jet type recording head will bend so that a diaphragm 2 may make the pressure generating room 4 side a convex, and will shrink the pressure generating room 4. The ink of the pressure generating room 4 results in a nozzle orifice 31 via through-holes 9, 13, 17, 21, and 26 by this, and the regurgitation of the ink drop is carried out from here.

[0018] If the voltage of a driving signal is reduced at a fixed speed after ink drop formation, the piezo-electric diaphragm 3 will return to the original location gradually, and the pressure generating room 4 will expand. The ink of a part consumed by formation of an ink drop flows into the pressure generating room 4 via the passage limit hole 12 from the common ink room 19 in this process.

[0019] Drawing 2 is what shows one example of the drive circuit suitable for driving the recording head mentioned above. The sign 40 in drawing Two PNP mold transistor pair Q10 and Q11 the base terminal was mutually connected and the property was equal to in the charge circuit which charges Capacitor C with fixed current, When it has the resistance R10 and R11 connected with each emitter of this transistor pair between the constant-voltage terminals VK and a transistor Q18 turns on with the printing signal MCHG, for resistance R11 The voltage difference of $V_{ref1} \cdot VK - R11 / (R11 + R14)$ arises, and this voltage difference is reflected in the voltage difference of the emitter resistance R10 of a transistor Q10 as it is. It consists of transistors Q10 so that the fixed current of $V_{ref1} / R10$ may charge Capacitor C through outflow and a transistor Q15.

[0020] Thereby, the terminal voltage of Capacitor C rises with fixed voltage inclination. The terminal voltage of this capacitor C is supplied to the piezo-electric diaphragm 3 from the COM terminal of the current amplification circuit 42 which consists of transistors Q14 and Q16.

[0021] It is necessary to set up the charge time constant of the capacitor C here so that a pressure generating room may be shrunk at the speed suitable for the ink regurgitation, and in this example, each constant of resistance R11, R14, and R10 and Capacitor C is set up so that it may be set to $12V[\text{ }] \text{ } \mu\text{sec}$ microsecond.

[0022] Moreover, a sign 41 is the discharge circuit which makes the charge charge of Capacitor C discharge with a fixed current value. NPN mold transistor pair Q12 and Q13 which are two the base terminal was mutually connected and the property was equal to like the above-mentioned charge circuit 40, If it has the resistance R12 and R13 connected with each emitter of this transistor pair between GND and a transistor Q20 is turned off by the discharge signal DCHG TORANSUTA Q13 serves as ON and the predetermined voltage difference V_{ref2} mentioned later arises in resistance R13. Since this voltage difference is reflected in the voltage difference of the emitter resistance R12 of a transistor Q12 as it is, a transistor Q12 absorbs the charge charge of Capacitor C with the fixed current value which becomes settled in $V_{ref2} / R12$, and it is constituted so that Capacitor C may be made to discharge.

[0023] Next, actuation of the equipment constituted in this way is explained based on drawing 3 . If the printing signal MCHG inputs (at the t_0 time), a charge circuit 40 will operate as mentioned above, and Capacitor C will be charged with a fixed current value. Thereby, the terminal voltage of Capacitor C rises with fixed inclination rapidly, and the terminal voltage of Capacitor C outputs to the COM terminal through the current amplification circuit 42. And the output voltage of a COM terminal is alternatively impressed to the piezo-electric diaphragm 3 through the transistor Tr which serves as ON with the print-data signal.

[0024] By this voltage impression, since the piezo-electric diaphragm 3 bends so that the pressure generating room 4 side may serve as a convex in a diaphragm 2, and it starts displacement, the ink of the pressure generating room 4 is pressurized and ink carries out the regurgitation of it from the corresponding nozzle orifice 31. Vibration of the proper oscillation period T which the piezo-electric diaphragm 3 made static displacement by applied voltage mean amplitude, and was overlapped on this and made the charge initiation time the starting point at coincidence is started.

[0025] thus, the time t — when set to 1, Capacitor C will be charged enough and the output

voltage of a COM terminal will reach saturation voltage. And the time of fixed time amount T_h 1 passing, by t_2 , the printing signal MCHG is made off, the discharge signal DCHG is outputted, and the discharge circuit 41 is operated.

[0026] At this time, t_2 is set up, when the dynamic displacement on the basis of the static displacement location of the piezo-electric diaphragm 3 tends to expand the pressure generating room 4. The discharge auxiliary signal DCHG1 is made into HIGH level at coincidence, and a transistor Q23 is made a transistor Q24 and a pan at ON.

[0027] The voltage V_{ref2} which it will be substantially inserted in resistance R17 by resistance R18 at juxtaposition, and it produces in the above-mentioned resistance R13 by this is $V_{ref2} \cdot \frac{R_{13}}{R_{17} + R_{18} + R_{13}}$, when R17-18 show a juxtaposition combined-resistance value with resistance R17 and R18.

It becomes.

[0028] The charge of Capacitor C is discharged with the fixed current value I_s ($I_s = V_{ref} [2] / R_{12}$) based on this voltage V_{ref2} , and the terminal voltage of Capacitor C is reduced with a fixed discharge time constant, and is supplied to the piezo-electric diaphragm 3 which is in a selection condition for printing of the terminal voltage of Capacitor C through the current amplification circuit 42.

[0029] By this a convex condition and the diaphragm 2 which changed to the pressure generating room 4 side Since the displacement is canceled gradually and the pressure generating room 4 is made to expand, the meniscus formed in about 31 nozzle orifice is drawn in the pressure generating room 4 side. Therefore, while the elutriation of minute ink drop D' after the ink regurgitation (drawing 9) is prevented, the ink of the common ink room 19 is slushed into the pressure generating room 4 via the ink feed hopper 12.

[0030] In this example, the circuit constant is set up so that voltage may fall with the discharge time constant of $0.33 \mu\text{s}$ in order to prevent the regurgitation of this unnecessary ink drop for example. That is, since the drawing-in force of a meniscus is weak, the regurgitation of unnecessary minute ink drop D' cannot be prevented, and induction of the vibration of a meniscus is carried out on the contrary with a sharply larger value than $0.33 \mu\text{s}$, and an unnecessary minute ink drop is made breathed out in a discharge time constant smaller than $0.33 \mu\text{s}$.

[0031] On the other hand, it is greatly drawn in the pressure generating room 4, it is reversed in the phase in which predetermined time passed, and the meniscus just behind the ink regurgitation moves vibration which synchronized with the proper oscillation of the piezo-electric diaphragm 3 toward a nozzle orifice 31 side with a repeat.

[0032] thus, the piezo-electric diaphragm 3 — a deflection — the time of the twice ($n+3/4$) of the proper oscillation period T thru/or ($n+1$) twice as many time amount as this having passed since t_0 the time of starting displacement, by this example, at the time of T_x ($3+3/4$), the discharge signal DCHG is set to HIGH, the discharge auxiliary signal DCHG1 is set to LOW, and discharge is stopped temporarily t_3 .

[0033] the force of going to the nozzle orifice 31 of the meniscus with which it is vibrating henceforth from this time synchronizing with the proper oscillation of a diaphragm 3 since the force of making the piezo-electric diaphragm 3 suspending residual vibration by this will work — ** — **** — it becomes things.

[0034] That is, the proper oscillation of the piezo-electric diaphragm 3 (inside of drawing, PZT) shrinks the pressure generating room 4, as shown in drawing 4 , if discharge is stopped when it changes in the direction expanded next, the displacement deflection P1 from the static displacement location H1 of the piezo-electric diaphragm 3 will become small rapidly, and it will be controlled that the piezo-electric diaphragm 3 oscillates again. Vibration of the meniscus which goes to a nozzle orifice 31 becomes small by this, and the regurgitation of an unnecessary ink drop is prevented.

[0035] Moreover, discharge is not stopped as mentioned above, and also when switching so that a discharge time constant may be increased as shown in the drawing 4 (**), it is useful to controlling the oscillation of the piezo-electric diaphragm 3 by considering this change time as the time of the twice ($n+3/4$) of the proper oscillation period T thru/or ($n+1$) twice as many time

amount as this passing.

[0036] On the other hand, when discharge is suspended carelessly, in drawing 4, the proper oscillation of the piezo-electric diaphragm 3 expands the pressure generating room 4 like [at the time of $T(n+9/4)$]. next, when are changed in the direction to shrink and discharge is stopped the piezo-electric diaphragm 3 is made ****(ed) and the piezo-electric diaphragm 3 is static — displacement — the displacement from a location H2 — a possibility that deflection P2 becomes large rapidly, will accompany to this, vibration of a meniscus will become large, and an unnecessary ink drop will carry out the regurgitation becomes very high.

[0037] and the time t — when time amount Th 2 has passed since 3, by operating the discharge circuit 41 by setting the discharge signal DCHG to LOW again, the pressure generating room 4 is expanded and ink is attracted from the common ink room 19.

[0038] Since the discharge auxiliary signal DCHG1 in this process is LOW and becomes off [a transistor Q23], the voltage V_{ref2} produced in resistance R13 serves as $V_{ref2} \cdot \frac{VK-R13}{R17+R13}$, therefore the charge of Capacitor C discharges with a current value smaller than said current value I_s .

[0039] thereby — Time t — discharge with the 2nd discharge time constant smaller than the voltage change in discharge to t_3 at the time which produces voltage change of $0.14V$ [/] μ ec degree microsecond, for example will be performed from 2, and it will be urged to the compulsory return by the side of the nozzle orifice of a meniscus by expansion of the pressure generating room by this discharge.

[0040] And the discharge auxiliary signal DCHG1 is again set to HIGH, and rapid discharge is made to perform, when terminal voltage just before almost all charges discharge and discharge is completed (i.e., a piezo-electric diaphragm) carries out an effect to 8% of driver voltage, and about 12% (time t_4) until a charge is lost with the small 3rd discharge time constant which produces time amount change of the voltage of $0.33V$ [/] μ ec degree microsecond.

[0041] Only in a minute amount, the pressure generating room 4 expands quickly by this rapid discharge. consequently, a meniscus — a minute amount — it will be drawn rapidly, the ink which exists near the nozzle orifice 31 which accompanies to this and includes a nozzle plate side will be drawn in the pressure generating room 4 side, and self will also be stabilized in the state of concave within a nozzle. Therefore, the flight deflection of the regurgitation ink resulting from the ink which the amount of ink which carries out the regurgitation next is managed uniformly, and remains to the periphery of a nozzle orifice is not produced, either.

[0042] In addition, the CHG signal shown in drawing 2 in this example, DCHG2 signal, and DCHG3 signal are always maintained by LOW level.

[0043] Moreover, although the value "3" is chosen as a numeric value n in this example, the value of this numeric value n is in the relation of a trade-off to the function to attenuate the residual vibration of the piezo-electric diaphragm 3 effectively, and the function to which the return of a meniscus is fully urged, and, generally it becomes the range of 1 thru/or 8, and a value with the range it is more desirable and suitable of 2 thru/or 4.

[0044] Next, the 2nd example of this invention is explained based on drawing 5. The sign 45 in drawing is a charge circuit, it is equipped with the resistance R31 connected between the transistors Q31 and Q32 of a complementarity, and the emitter of a transistor Q32 and the constant-voltage terminal VK, and it is constituted so that it may operate by ON of a transistor Q35 and Capacitor C may be charged with fixed current through resistance R31 with the printing signal MCHG.

[0045] Moreover, a charge circuit 45 charges Capacitor C with the fixed current I_f ($I_f = V_{ref1} [1] / R31$) it is decided with the voltage difference V_{ref1} in resistance R33 that will be a reason, without being influenced by environmental temperature. Thereby, the terminal voltage of Capacitor C rises with fixed voltage inclination, and is alternatively supplied to the piezo-electric diaphragm 3 through the current amplification circuit 47.

[0046] And like the above-mentioned example, the charge time constant T_c sags a diaphragm 2 in a pressure generating room side, and is set to the value to which deflection displacement of the piezo-electric diaphragm 3 is carried out so that the pressure generating room 4 may be shrunk at the speed suitable for the ink regurgitation, for example, $12V$ [/] μ ec degree microsecond

degree.

[0047] Moreover, a sign 46 is a discharge circuit, it has the resistance R32 connected with the transistors Q33 and Q34 of a complementarity, and the emitter of a transistor Q34 between GND, and operates in turning off a transistor Q36 with the discharge signal DCHG, and it is constituted so that the charge of Capacitor C may be made to discharge with the fixed current value I_s ($I_s = V_{ref} [2] / R32$) which is not influenced by environmental temperature but is decided by the voltage difference V_{ref2} in resistance R35.

[0048] The discharge time constant T_d with the value in which vibration of the meniscus just behind the ink drop regurgitation does not project from a nozzle orifice 31, for example, 0.66μ microsecond degree And it is chosen as the value which discharge ends when the twice ($n'+3/4$) of the proper oscillation period T of the piezo-electric diaphragm 3 thru/or ($n'+1$) twice as many time amount (it corrects, n' is generally the integer of 1 thru/or 8 ranges, and it is the integer of the range of 2 thru/or 4 more preferably) as this passes.

[0049] Next, actuation of the equipment constituted in this way is explained based on drawing 6 . If the printing signal MCHG inputs, a charge circuit 45 will operate and Capacitor C will be charged with the fixed charge time constant T_c . Thereby, the terminal voltage of Capacitor C rises rapidly to predetermined voltage. The terminal voltage of Capacitor C is impressed to the piezo-electric diaphragm 3 through the transistor T_r which serves as ON with the printing signal for choosing the current amplification circuit 47 and the nozzle orifice 3 to which the ink regurgitation is carried out.

[0050] Thereby, the piezo-electric diaphragm 3 carries out deflection displacement of the diaphragm 2 so that the pressure generating room 4 side may serve as a convex, it pressurizes the ink of the pressure generating room 4, and makes ink breathe out from a nozzle orifice 31.

[0051] Moreover, by one side, the piezo-electric diaphragm 3 makes mean amplitude the static displacement location by applied voltage, and vibration of the proper oscillation period T which made the charge initiation time the starting point in the form superimposed on this is started. Thus, if the printing signal MCHG turns off by t_2 the time of hold-time T_h passing, the discharge signal DCHG outputs and actuation of the discharge circuit 46 begins, the charge of Capacitor C will discharge with the discharge time constant T_d , and the terminal voltage of Capacitor C will fall at a fixed speed.

[0052] Time t — the piezo-electric diaphragm 3 of 2 is static — displacement — it was based on the location — dynamic — it is set up when displacement tends to expand the pressure generating room 4.

[0053] The actuation in which the piezo-electric diaphragm 3 returns to the original condition because the terminal voltage of this capacitor C falls is started, and the pressure generating room 4 expands with constant speed. Thus, by t_3 , discharge is terminated completely the time of the twice ($n'+3/4$) of the proper oscillation period T of the piezo-electric diaphragm 3 thru/or ($n'+1$) twice as many time amount as this passing.

[0054] As this showed the drawing 6 (**), the proper oscillation of the piezo-electric diaphragm 3 (inside of drawing, PZT) shrinks the pressure generating room 4. Next, according to the same operation as the explanation based on above-mentioned drawing 4 , since discharge will be stopped by t_3 the time of changing in the direction to expand, the residual vibration of the subsequent piezo-electric diaphragms 3 does not carry out the regurgitation of the ink drop until it decreases it quickly and then a printing signal inputs it.

[0055] in addition — this example — Time t — the time amount to t_3 is set up the twice ($3+3/4$) of the proper oscillation period T at 0 thru/or the time — having — **** — attenuation — T — or ($3+3/4$) it is carried out in a twice $[T (3+1)]$ as many period as this.

[0056] Conversely, if it says, as shown in drawing 6 (b), proper oscillation expands the pressure generating room 4, and when discharge is stopped because of t_3' the time of changing in the direction shrunk next, by the time the amplitude becomes large and the following printing signal inputs the subsequent piezo-electric diaphragms 3, a possibility of carrying out the regurgitation will become high about unnecessary ink drop D' .

[0057] By the way, if the pressure generating room 4 contracts by charge and an ink drop carries out the regurgitation, this will follow and the meniscus near the nozzle orifice will start

vibration. As mentioned above, in order that after charge termination might carry out fixed period maintenance of the voltage at the time of charge termination, the hold time was established, the piezo-electric diaphragm 3 was made to discharge after this hold time, and it prepared for the ink drop regurgitation of a degree, but when this hold time was set as specific relation to the proper oscillation period T of a meniscus, it became clear that vibration of a meniscus could be controlled much more effectively.

[0058] That is, a meniscus performs free vibration the proper oscillation period T focusing on the neutral point near the nozzle orifice in response to the energy at the time of the ink drop regurgitation, and when it moves to a nozzle orifice side, it makes the minute ink drop call the satellite from which deterioration of a quality of printed character is cause breathe out as showed in the curve (B) of drawing 7 when the charge voltage after charge termination is maintain uniformly.

[0059] From the time of charge being started in order to make the ink drop for printing breathe out, the $3/4$ time thru/or $5/4$ time as many period of the proper oscillation period T as this Since the meniscus is moving to the pressure generating room side from the nozzle orifice side The initiation, i.e., termination of the hold time, time of discharge at this period from setting up so that it may become in this period ($3/4$ time thru/or $5/4$ time of the proper oscillation period T) The drawing-in force of the meniscus resulting from expansion of the pressure generating room 4 accompanying the discharge of the piezo-electric diaphragm 3 performed after hold-time termination as shown in the curve (A) in this drawing will act on the migration by the side of the own pressure generating room of a meniscus in multiplication.

[0060] By multiplication-drawing in of a meniscus, the meniscus which may generate a satellite next at the time of the migration by the side of a nozzle orifice can fully be drawn in a pressure generating room side. The period (period shown by hatching in drawing) of plus minus abbreviation $T / 4$ is desirable from the time of the proper oscillation period T having passed from the first since the time of the free vibration of the meniscus produced after the ink drop regurgitation reaching at a neutral point, if fluctuation of the pressure generating room 4, a nozzle orifice 31, property change of ink, the constant of a drive circuitry element, etc., etc. is taken into consideration, at i.e., the charge initiation time.

[0061] Therefore, as shown in drawing 8, t_2 is fully drawn in a pressure generating room side from a discharge-starting time the time of starting charge, using effectively the migration the twice ($3/4$) of the proper oscillation period T thru/or ($5/4$) twice, and by the side of the pressure generating room of the meniscus which adjusts hold-time Th_1' so that it may enter desirably at a 0.8 times thru/or 1.2 times as many period as this, and is generated after an ink drop regurgitation time.

[0062] In t_3 , only predetermined time Th_2 stops discharge hereafter like the example shown in above-mentioned drawing 3 the time of a charging time value Td_1 passing. 2nd discharge is performed with a bigger discharge time constant than the 1st discharge time constant. The time in front of discharge termination, That is, by terminating discharge t_4 with the 3rd discharge time constant smaller than the 1st discharge time constant the time of the terminal voltage of the piezo-electric diaphragm 3 descending to 8% of driver voltage, and about 12% Preventing generating of a satellite much more certainly, moreover residual vibration can be controlled and a print speed can be improved.

[0063] Drawing 10 is what shows one example when the proper oscillation period T of a piezo-electric diaphragm applies the drive method of this invention to the recording head for 13 microseconds. This drawing (b) the drive signal wave form where the highest drive frequency is 9kHz moreover, this drawing (b) Even if the highest drive frequency shows the drive signal wave form which is 7.2kHz and used which [these] signal, without starting un-arranging, such as a satellite, the high quality of printed character was maintained and printing was completed in predetermined printing speed.

[0064]

[Effect of the Invention] The piezo-electric diaphragm which carries out ***** displacement after making displacement change into a convex condition to a pressure generating room side and making ink breathe out in this invention as explained above in the process which the original

location returns Twice $(n+3/4)$ thru/or $(n+1)$ the twice of the proper oscillation period T of a piezo-electric diaphragm (— however, $n = 1, 2, \text{ and } 3 \dots$, since switch discharge of a piezo-electric diaphragm with a different time constant, it is made to stop temporarily or he is trying to make it end further with the stage of 8) within the limits The oscillation on the basis of the static displacement location of a piezo-electric diaphragm can be controlled, and the regurgitation of the unnecessary ink drop from a nozzle orifice can be prevented certainly. Moreover, by making steep discharge perform just before discharge termination, the ink near the nozzle orifice can be drawn in a nozzle orifice, and a meniscus can be drawn in a pressure generating room side, and a meniscus can be stabilized in the state of concave, it can have it, and management of the amount of regurgitation ink and flight deflection prevention of ink can be aimed at.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the cross section showing one example of the ink jet recording head used for this invention.

[Drawing 2] It is the circuit diagram showing one example of the drive circuit which drives a recording head same as the above.

[Drawing 3] It is the wave form chart showing actuation of equipment same as the above.

[Drawing 4] It is drawing showing the action after the piezo-electric diaphragm in the halt time of discharge.

[Drawing 5] It is the circuit diagram showing other examples of the drive circuit used for this invention.

[Drawing 6] Drawing (b) and (b) are drawings showing the action of the piezo-electric diaphragm after being based on the difference at the discharge termination time, respectively.

[Drawing 7] It is the diagram showing the relation between a discharge-starting time and migration of a meniscus.

[Drawing 8] It is drawing it is indicated that is also at a drive wave and the oscillating gestalt of a meniscus about other examples of this invention.

[Drawing 9] It is drawing showing movement of the meniscus in the recording head using flexural oscillation, the proper oscillation of a piezo-electric diaphragm, and the relation of a drive wave.

[Drawing 10] Drawing (b) and (b) are the wave form charts showing one example of the driving signal used for this invention, respectively.

[Description of Notations]

1 Drive Unit

2 Diaphragm

3 Piezo-electric Diaphragm

4 Pressure Generating Room

30 Nozzle Plate

31 Nozzle Orifice

40 Charge Circuit

41 1st Discharge Circuit

42 2nd Discharge Circuit

[Translation done.]